# BERLINER BEITRÄGE ZUR ARCHÄOMETRIE

2/1977

# Berliner Beiträge zur Archäometrie

Band 2

Berlin 1977

Gedruckt mit Mitteln der Stiftung Volkswagenwerk

© Rathgen-Forschungslabor
Staatliche Museen Preußischer Kulturbesitz

ISSN 0344-5089
Satz und Druck: Jürgen Kleindienst · D-1000 Berlin 61

## Inhaltsverzeichnis


Vorwort 5
von Josef Riederer

Metallanalysen chinesischer Spiegel 6
von Josef Riederer

Die metallurgische Untersuchung bronzener Schuppenpanzer der Eskimos 17
von Josef Riederer und H. G. Bandi

Die Zusammensetzung der Bronzegeschütze des Heeresgeschichtlichen Museums im Wiener Arsenal 27
von Josef Riederer

Metallanalysen südamerikanischer Geräte und Werkzeuge aus Kupfer und Bronze 41
von Cornelia Blönsch und Josef Riederer

Thermolumineszenzanalytische Feindatierung mamlukischer Wappenschalen 50
von Josef Riederer

Die Technik der Töpfer in Sri Lanka 57
von Josef Riederer

Die Bemalung des Aphaia-Tempels auf Ägina 67
von Josef Riederer

Spurenkundliche Befunde an archäologischen Untersuchungsproben als Forschungs- und Interpretationshilfen 73
von Walter Specht

Die Erkennung von Fälschungen kunst- und kulturgeschichtlicher Objekte aus Bronze und Messing durch naturwissenschaftliche Untersuchungen 85
von Josef Riederer

Die Pflege der Bronzeskulpturen im Freien 96
von Josef Riederer

Die Gefährdung des Reiterstandbildes des Jan Wellem in Düsseldorf durch Umwelteinflüsse 105
von Josef Riederer

Skulpturen aus Eisenwerkstoffen und Aluminium im Freien, Pflege – Korrision – Herstellung 111
von Silvia Friedemann-Kluge

Bibliographie zur Eisenkonservierung 129
von Josef Riederer

Steinzerfall und Denkmalpflege in Sri Lanka 139
von Josef Riederer

Die Erhaltung antiker Bauwerke in Griechenland 146
von Josef Riederer

Informationen:

The 2nd International Symposium on the Deterioration of Building Stones 160

The Symposium on Archaeometry and Archaeological Prospection 170

Deutschsprachige Literatur zur Archäometrie (1976) 176

Deutschsprachige Literatur zur Archäometrie (1977) 180

Vorschau auf den 3. Band 183

# Die Bemalung des Aphaia-Tempels auf Ägina

Josef Riederer, Rathgen-Forchungslabor, Berlin


## Zusammenfassung

Vom älteren Aphaia-Tempel auf Ägina wurden die zur Bemalung verwendeten Pigmente identifiziert und durch verschiedene analytische Untersuchungstechniken durch ihre Materialeigenschaften charakterisiert. Als weißes Pigment wurde grobkörniges Kalziumkarbonat, möglicherweise pulverisierter Marmor verwendet. Als rotes Pigment kommt Ocker und Zinnober vor. Realgar wurde nur in Form unverarbeiteter Körner bei der Ausgrabung gefunden. Beim Blau handelt es sich um Ägyptisch-Blau, eine Kupferfritte und um Azurit. Als grüne Pigmente wurden das basische Kupferchlorid Paratacamit und Malachit nachgewiesen. Das schwarze Pigment ist ein Pflanzenschwarz. Gelbe Pigmente wurden nicht gefunden. Bemerkenswert ist der Befund, daß für die rote, blaue und grüne Bemalung zwei verschiedene Pigmente verwendet wurden, wobei die teueren Pigmente (Zinnober, Azurit, Malachit) für die wichtigeren Architekturteile verwendet wurden, während die billigen Pigmente (Ocker, Ägyptisch-Blau, Paratacamit) für großflächige Anstriche verwendet wurden.

Abstract

From the earlier temple of Aphaia at Aigina/Greece the pigments were identified and characterized by their peculiar properties by means of different analytical techniques. As a white pigment only a coarse calciumcarbonate, propably a powered marble was used. As a red pigment ocre and vermillion occurs. Realgar was only found as grains in the excavation. The blues are egyptian blue and azurite, the greens are the basic copper chloride paratacamite and malachite. As a black pigment carbon black was used. Yellow pigments were not used. It is of peculiar interest that for red, blue and green decorations two different pigments were used. The expensive pigments (vermillion, azurite, malachite) were used for more important architectural parts, the cheap pigments (ocre, egyptian blue, paratacamite) occur on painted parts of larger size.

Résumé

Les pigments utilisés pour la peinture de l'ancien temple d'Aphia, sur Egine, furent identifiés et, par différentes techniques d'examens analytiques, caractérisés de par la nature de leur matière. En tant que pigment blanc on utilisait du carbonate de calcium à gros grains, peut-être même du marbre pulvérisé. En tant que pigment rouge apparaissent l'ocre et le cinabre. Lors des fouilles on ne trouva du réalgar que sous forme de grains non travaillés. Quant au bleu, is s'agit de bleu-égyptien, d'une fritte de cuivre et d'azurite. En tant que pigment vert, on prouva l'existence du chlorure de cuivre basique, paratacamite et malachite. Le pigment noir est un noir végétal. On ne trouva aucun pigment jaune. Le fait, que pour la peinture rouge, bleue et verte on utilisait deux pigments différents, est une constatation remarquable; les pigments coûteux (cinabre, azurite, malachite) furent utilisés pour les fragments architecturaux les plus importants, alors que les pigments peu coûteux (ocre, bleu-égyptien, paratacamite) furent utilisés pour des peintures de plus grande surface.

Bei der Ausgrabung, die D. Ohly seit 1964 in der Umgebung des Aphaia-Tempels auf Ägina durchführt, kamen in großer Zahl Bruchstücke eines älteren, durch einen Brand zerstörten Tempels zum Vorschein, dessen Baugeschichte von E.-L. Schwandner untersucht wird. Von besonderer Bedeutung ist bei dieser Ausgrabung, daß die Bemalung der verschiedenen Architekturteile noch so vollständig erhalten ist, daß es E.-L. Schwandner möglich war, die ursprüngliche Farbgebung zu rekonstruieren.

Anläßlich von Konservierungsarbeiten des durch die Lagerung im Boden mürb gewordenen Kalksteines und zur Festigung der sich ablösenden Farb- und Stuckschicht (1) wurden Farbproben von verschiedenen Bauteilen entnommen und analysiert, wozu die für die Pigmentuntersuchung üblichen Verfahren der Emissionsspektralanalyse, der Röntgenfeinstrukturanalyse, der Infrarotspektralanalyse sowie mikroskopische Bestimmungsmethoden eingesetzt wurden (2, 3). Die Analysen ergaben, daß für das Weiß Kalk, für das Rot Zinnober und roter Ocker, für das Blau Azurit und Ägyptisch-Blau, für das Grün Malachit und für das Schwarz Pflanzenschwarz verwendet wurde. Gelbe Pigmente wurden nicht festgestellt. Als Umwandlungsprodukt von Azurit wurde Paratacamit, ein basisches Kupferchlorid, nachgewiesen. An einer Stelle wurden zwei Körnchen Realgar gefunden, der den Schriftstellern der Antike als Pigment bekannt war.

**Weiß**

Die Analysen von Proben weißer Anstriche ergaben, daß es sich um Kalk handelt. Dieser Kalk kann entweder durch Pulverisieren von Kalkstein oder Marmor hergestellt worden sein oder er entstand durch Karbonisieren von gelöschtem Kalk, der als Schlämme aufgetragen wurde. Bei der mikroskopischen Untersuchung dieses Kalkanstriches konnte festgestellt werden, daß es sich um ein relativ grobkörniges Material handelt, wobei an einzelnen Körnern deutlich die charakteristische Spaltbarkeit des Kalkspats zu erkennen ist. Es handelt sich somit vorwiegend um ein zerstoßenes Gestein. Wegen der Grobkörnigkeit und Reinheit kommt dafür kein Kalkstein von Ägina, sondern nur griechischer Marmor in Frage. Aus dem analytischen Befund kann nicht entschieden werden, ob der am Anstrich in geringer Menge beteiligte feinpulverige Anteil karbonisiertes Kalkhydrat (= gelöschter Kalk) oder feinstes Marmormehl ist. Da Vitruv, der die bautechnischen Erfahrungen früherer Jahrhunderte zusammenfaßt, die Herstellung eines Marmorstucks aus Kalkhydrat und Marmorpulver beschreibt, der von innen nach außen aus einer grobkörnigen, einer mittelkörnigen und einer feinkörnigen Schicht besteht, liegt die Annahme nahe, daß auch beim Aphaia-Tempel ein solcher Marmorstuck verwendet wurde. Der Stuck des Aphaia-Tempels ist zweischichtig aufgebaut, wobei jedoch kein Unterschied der Korngröße in der oberen und der unteren Lage festzustellen ist. Ein mögliches Indiz für die Verwendung von gelöschtem Kalk stellt der hohe Natriumgehalt des weißen Anstrichs dar. Dieses Natrium ist nicht im Kalk enthalten und kann auch nicht durch die Lagerung im salzreichen Boden erklärt werden, da die andersfarbigen Pigmente kein Natrium enthalten. Es kann deshalb vermutet werden, daß es aus dem Meerwasser kommt, das möglicherweise zum Löschen des Kalks verwendet wurde, da auf Ägina kein Süßwasser vorkommt. Die Qualität des salzhaltigen Anstrichs wäre bei dieser Art des Kalklöschens jedoch nicht die beste gewesen.

Gips wurde an keiner Stelle als Bestandteil des weißen Anstrichs gefunden.

**Rot**

Als rote Pigmente konnten an den Architekturteilen roter Ocker und Zinnober nachgewiesen werden. Realgar wurde in Form von zwei stecknadelkopfgroßen Körnchen bei der Ausgrabung der den neuen Tempel umgebenden Terrasse gefunden.

Rote Ocker sind im Mittelmeerraum seit vorgeschichtlicher Zeit reichlich für Malereien und Fassadenanstriche verwendet worden, da sie in diesem Klimabereich als Verwitterungsprodukt der verschiedensten Gesteine weit verbreitet vorkommen.

In der griechischen Literatur der Antike wird roter Ocker oft erwähnt. Homer (Il. 2, V. 637, Od. 9, V. 124) schreibt, daß die Schiffe mit νεες μιλτοπαρηοι gestrichen sind und Herodot erwähnt, daß die Gyzanten in Lybien μιλτοῦνται und die Äthiopier μιλτορ zum Färben ihrer Körper verwenden. Theophrast teilt mit, daß man den μιλτορ , den die Maler verwenden, überall findet. Die beste Sorte, die von Ceos (Zia) kam, war so geschätzt, daß nach einem, auf der Akropolis gefundenen, in eine Marmortafel eingehauenen Vertrag, nur athenische Schiffe berechtigt waren, ihn von Ceos auszuführen. Gute Sorten, so schreibt Theophrast, kommen auch von Lemnos und Kappadocien, von wo er über Sinope in den Handel kommt. Er unterscheidet auch drei Sorten von natürlichem roten Ocker, eine hochrote, eine blaßrote und eine im Farbton dazwischenliegende Sorte und kennt bereits den künstlichen, durch Brennen von gelbem Ocker hergestellten roten Ocker, den Lydios als erster bereitete, als er bemerkte, daß ein gelb gestrichenes Haus nach einem Brand rot geworden war.

Weitere Vorkommen von natürlichem roten Ocker, die in der antiken Literatur genannt sind, liegen in Ägypten, Karthago, Spanien und auf den Balearen.

Mit Hilfe analytischer Verfahren ist es möglich, gebrannten Ocker von natürlichem Ocker zu unterscheiden und ihn durch seine mineralogischen Eigenschaften zu charakterisieren. Auf Grund des fehlenden Vergleichsmaterials von Ockern, der immer noch vorhandenen griechischen und kleinasiatischen Vorkommen gelingt es jedoch nicht, den vom Aphaia-Tempel analysierten roten Ocker bestimmten Lagerstätten zuzuordnen.

Die Infrarotspektralanalyse (4, 5) zeigt, daß es sich um keinen gebrannten, sondern einen natürlich vorkommenden Ocker handelt, der vorwiegend aus Hämatit besteht, nur geringe Tonanteile enthält und frei von Verunreinigungen durch Quarz, Karbonate oder Erzmineralien ist. Von den vielen, sich in ihrer Qualität unterscheidenden Sorten, war der am Aphaia-Tempel verwendete rote Ocker sicher einer der besten und teuersten.

Die chemische Analyse zeigt, daß zwei verschieden zusammengesetzte Sorten verwendet wurden. Die häufigere hat Eisen, Magnesium, Silizium, Aluminium und Kalzium als Hauptbestandteile, Titan und Mangan sind in geringer Konzentration enthalten, Kupfer, Silber, Arsen, Antimon, Blei, Zink, Barium und Natrium sind als Spurenelemente gerade noch nachweisbar.

Die andere Sorte, die nur an drei Stellen, vom Geison des ionischen Propylons, vom Geison des Westgebäudes und als Inhalt eines Farbtopfes festgestellt wurde, enthält neben den üblichen Hauptbestandteilen Eisen, Magnesium, Silizium, Aluminium und Kalzium noch Blei, Zink, Arsen und Antimon in ungewöhnlich hoher Konzentration. Die Vermutung liegt nahe, daß es sich um einen Ocker handelt, der durch rote Blei- und Arsenpigmente, wie Mennige oder Realgar, geschönt wurde, wie es Plinius von Syricum, einer Mischung von sinopischer Erde mit Realgar, einem roten Arsensulfid, beschreibt. Mit Hilfe des sehr empfindlichen Verfahrens der Röntgenfeinstrukturanalyse war es jedoch nicht möglich, solche Beimengungen nachzuweisen. Auch der mikroskopische Befund deutet darauf hin, daß ein homogener Ocker vorliegt. Der hohe Gehalt dieser drei Proben an Blei, Zink, Arsen und Antimon muß somit eine lagerstättenabhängige Verunreinigung sein, wofür auch die hohen Zink- und Antimonanteile sprechen, die nicht wie Blei und Antimon als Verschnitt erklärt werden können. Jedoch ist auch hier wegen des fehlenden Vergleichsmaterials eine Zuordnung zu einer Erzlagerstätte nicht möglich.

Als weiteres rotes Pigment wurde Zinnober gefunden. Theophrast gibt als Herkunftsort des κιννα$\beta$αρι Spanien und Kolchis für natürlichen und Ephesus für künstlichen Zinnober an. Diese Angaben sind wenig verläßlich, da in der Antike Zinnober mit anderen roten Pigmenten häufig verwechselt wurde. Sicher ist, daß es sich bei dem künstlichen Zinnober nicht um ein aus Quecksilber und Schwefel hergestelltes Produkt handelt, sondern eher um ein Produkt, das erst nach einem längeren Aufbereitungsgang erhalten wurde, wie es Vitruv vom selben Ort, den Kilibanischen Feldern bei Ephesus, beschreibt.

Auch Plinius zählt eine Reihe von Zinnobervorkommen im Mittelmeerraum auf, so daß über die

Herkunft keine Aussage möglich ist. Gesichert ist durch zahlreiche Beschreibungen über Verfälschungen des Zinnobers und über die Versuche der Maler, das vom Auftraggeber gelieferte Pigment zu erschwindeln, daß es ein besonders teueres Produkt war. Bei Plinius ist es nach der dunkelsten Sorte einer blauen Kupferfritte (Caeruleum vestorianum) und dem echten Purpur der dritteuerste Farbstoff seiner Zeit, der sechsmal so teuer ist wie die beste Sorte des roten Ockers (Sinopis) und etwa dreißigmal soviel kostet wie ein roter Ocker von durchschnittlicher Qualität. Zur Zeit der Erbauung des älteren Aphaia-Tempels kann dieser Preisunterschied noch größer gewesen sein, so daß es für die Ägineten ein ausgesprochener Luxus war, Bauteile mit einem so teueren Farbstoff anzustreichen.

Die mikroskopische Untersuchung des Zinnobers zeigt, daß er grobkörnig verarbeitet wurde, um einen besonders tiefen Farbton zu erreichen. Er ist völlig frei von Beimengungen, weder Verunreinigungen durch andere Mineralien noch betrügerische Verschnittstoffe sind vorhanden. Eine Veränderung des Zinnobers durch das Licht oder die Lagerung im Boden wurde nicht festgestellt.

Als drittes rotes Pigment, das bei der Ausgrabung am Aphaia-Tempel zum Vorschein kam, wurde Realgar nachgewiesen. Realgar wurde jedoch nicht als verarbeitetes Pigment an einem Stück des Tempels gefunden, sondern zwei Kristallbruchstücke von etwa 1 mm Größe lagen im aufgeschütteten Erdreich der Tempelterrasse. Realgar, ein Arsensulfid, das bei Theophrast, wie auch bei anderen Schriftstellern der Antike, als Farbstoff genannt ist, kommt auf dem Balkan an mehreren Stellen zusammen mit Auripigment lagerstättenbildend häufig vor. Trotz seiner weiten Verbreitung und der vielfach nachgewiesenen Verwendung des gelben Auripigments wurde Realgar noch nie als Pigment verwendet gefunden. Eine andere Verwendung des Realgars außer als Farbstoff ist, von einigen, von Dioskorides zitierten medizinischen Anwendungen abgesehen, in der Antike weder bekannt noch denkbar. Es bleibt somit ungeklärt, wie der Realgar, von dem trotz seiner Witterungsbeständigkeit nur zwei winzige Körnchen gefunden wurden, nach Ägina kam. Denkbar wäre, daß er zur Verbesserung von rotem Ocker in der Art des bereits erwähnten Syricum verwendet und dabei, bis auf zufällig verschütetete Körnchen, völlig aufgebraucht wurde. Dann müßten die drei Ockerproben mit der abweichenden Zusammensetzung, die zwar reichlich Arsen enthalten, in denen sich Realgar jedoch nicht nachweisen läßt, zufällig sehr niedere Realgarbeimengungen enthalten haben.

**Blau**

Zur Bemalung des älteren Aphaia-Tempels wurden zwei verschiedene blaue Pigmente verwendet. Ähnlich wie beim Rot, wo neben dem billigen Ocker teurer Zinnober vorkommt, wurde auch für das Blau billigere blaue Kupferfritte neben teuerem Azurit verarbeitet.

Diese blaue Kupferfritte, die auch als Ägyptisch-Blau bezeichnet wird, da sie in Ägypten zuerst hergestellt wurde, dann aber im ganzen Mittelmeerraum noch lange Zeit geschätzt war, wurde künstlich hergestellt, indem man Sand und Kupfer oder Bronze unter Verwendung von Soda als Flußmittel zusammenschmolz. Theophrast, der die blauen Pigmente kyanos nennt, unterscheidet zwei natürlich, in Skythien und Cypern vorkommende Sorten von dem in Ägypten hergestellten künstlichen Produkt. Je nach der Tiefe des Farbtons wurden verschiedene Sorten der künstlichen Fritte unterschieden, wobei die beste Sorte, das coeruleum vestorianum, bei Plinius das teuerste Pigment überhaupt war, während für billige Sorten nur ein Fünftel des Preises der teuren Sorten zu zahlen war. Das Ägyptisch-Blau, das eine kristallisierte Fritte und kein amorphes Glas ist, kann durch die Röntgenfeinstrukturanalyse und die mikroskopische Untersuchung eindeutig identifiziert werden. Beide Verfahren lassen erkennen, daß das Ägyptisch-Blau, das am älteren Aphaia-Tempel verwendet wurde, reichlich Verunreinigungen durch Ton und Quarz enthält und das mikroskopische Bild zeigt darüber hinaus, daß der Farbton auffallend blaß ist. Es ist möglich, daß zu dieser frühen Zeit keine bessere Qualität zu erhalten war, denn eine Probe vom neuen Tempel erwies sich als reiner und tiefer im Farbton.

Bei der Untersuchung von Bauteilen, die mit dem Ägyptisch-Blau bemalt waren und durch den Brand in Mitleidenschaft gezogen waren, zeigte sich, daß dieses Pigment nicht verändert wurde und die Schwärzung solcher Teile eine Verrußung darstellt.

Azurit, das teuerste der beiden Pigmente,kommt am älteren Aphaia-Tempel seltener vor. Im Mikroskop zeigt sich, daß er sehr rein ist und grobkörnig verwendet wurde, um einen teifen Farbton zu erreichen. Azurit kommt zusammen mit Malachit als Verwitterungsprodukt in Kupferlagerstätten vor. Theophrast nennt Skythien, also die Lagerstätten des Altai, und Cypern als Fundorte des natürlichen *κυανορ*.

Auffallend ist beim Azurit eine stellenweise fast vollständige Umwandlung des Azurit in ein grünes basisches Kupferchlorid, den Paratacamit, in Folge der Lagerung im stark salzhaltigen Boden der Tempelterrasse. In Querschnitten durch die Malschicht ist deutlich zu erkennen, daß randlich angegriffene Azuritkörner in einer feinkörnigen Paratacamit-Grundmasse liegen. Einzelne, völlig in Paratacamit umgewandelte Azuritkörner sind nur noch an der ursprünglichen Kornform zu erkennen. Diese Beobachtungen belegen, daß es sich hier um eine Umwandlung des basischen Kupfercarbonats Azurit in das basische Kupferchlorid Paratacamit handelt. Der Paratacamit ist hier also nicht als Pigment verwendet worden, was denkbar gewesen wäre, da in der Antike dieses basische Kupferchlorid durch Einleiten von Meerwasser in Kupferbergwerke erzeugt wurde und auf zentralasiatischen Wandmalereien als Pigment nachgewiesen werden konnte.

**Grün**

Als grünes Pigment wurde von der Bemalung des älteren Aphaia-Tempels nur Malachit nachgewiesen. Malachit ist ein tiefgrünes basisches Kupferkarbonat, das gemeinsam mit Azurit auf Kupferlagerstätten als Verwitterungsprodukt der Kupfererze vorkommt. In der antiken Literatur wird der Malachit als *χονδοκολλα* bezeichnet, da er sich zum Löten von Gold eignet. Als Lagerstätten werden Vorkommen in Cypern, Armenien und Macedonien genannt. Wegen der weiten Verbreitung ist der Preis nicht zu hoch. Plinius unterscheidet der Qualität nach drei Sorten, die ein Sechstel bis ein Zehntel des teuersten Pigments kosten.

Wie der Azurit wurde auch der Malachit grobkörnig verwendet. Er ist ebenfalls sehr rein, was zu erwarten ist, da der Malachit große kompakte Massen bildet, die beim Zerkleinern nicht durch das Nebengestein verunreinigt werden. Eine Umwandlung von Paratacamit, die denkbar wäre, da der Malachit sich vom Azurit in der Zusammensetzung nur geringfügig unterscheidet, wurde nicht festgestellt. Verfälschungen, die nach Vitruv durch Verschneiden mit einer Mischung aus billigem Ägyptisch-Blau und dem gelben Saft der Herba lutea vorkamen, kommen beim Malachit des Aphaia-Tempels nicht vor.

**Schwarz**

Die Untersuchung des schwarzen Pigmentes ergab, daß es sich um Pflanzenschwarz handelt. Es war dies ein durch Verkohlen von Holz oder Weintrestern gewonnenes, überall zur Verfügung stehendes Pigment, das sich auch durch brauchbare Anstricheigenschaften auszeichnet. Das am älteren Aphaia-Tempel verwendete Pflanzenschwarz ist besonders grobkörnig. Verkohlte Pflanzenteile von über 1 mm Länge sind darin keine Seltenheit.

**Roter Stuck**

Vom Propylon und dem Tempelinneren wurden Proben des roten Fußbodens und vom Geison des Westgebäudes B wurde eine Probe der rot stuckierten Fassade untersucht.

Bei den Fußböden handelt es sich an beiden Stellen um einen Estrich aus Kalkmörtel, der reichlich Holzkohlenteilchen oder Ziegelbruchstücke als Unterlage der tiefroten Oberschicht enthält. Die rote Schicht, die heute durch die Abnutzung stellenweise dünner als 1 mm ist, besteht aus

einem, durch roten Ocker eingefärbten, sehr feinkörnigen Mörtel, der über den Estrichmörtel gestrichen ist und dessen Unebenheiten ausgleicht.

Der rote Stuck vom Geison des Westgebäudes B unterscheidet sich kaum von der Oberschicht der Fußböden. Der einen hohen Anteil an rotem Ocker enthaltende Stuck führt als feinen Zuschlag Marmor- und Kalkbruchstücke sowie Holzkohlenstückchen. Bei dem roten Stuck des Westgebäudes B ist bemerkenswert, daß der Ocker die bei der Pigmentbeschreibung erwähnten auffallend hohen Blei-, Zink-, Arsen- und Antimongehalte aufweist.

Literatur:


1. Riederer, J.: Steinkonservierung am Aphaia-Tempel von Ägina Maltechnik-Restauro.
2. Riederer, J.: Die Untersuchung von Kunstwerken mit mineralogischen Methoden. Atti della XLIX Riunione della S.I.P.S., S. 1133–1140, Siena 1967
3. Riederer, J.: Pigment Analysis with Mineralogical Methods, ICOM-Conference-Papers, Madrid 1972
4. Riederer, J.: Infrarotspektographische Untersuchung der gelben und roten Eisenoxidpigmente. Deutsche Farbenzeitschrift, H. 12, S. 569–577, 1969
5. Siesmayer, B., Giebelhausen, A., Zanbelli, J., und Riederer, J.: Beitrag zur Anwendung der Infrarotspektroskopie für Untersuchungen von Farberden kulturhistorischer Objekte im Vergleich mit retenten europäischen Lagerstätten. 2. Anal. Chem. 277, S. 193–196, 1975